

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Juli 2001 (19.07.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/52373 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01S 5/00

[DE/DE]; Drosselstrasse 34 C, 85521 Ottobrunn (DE).
EGOROV, Anton Yurevitch [RU/RU]; Baskov 19, App.
17, St.Petersburg, 191014 (RU).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/04317

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Dezember 2000 (04.12.2000)

(74) Anwalt: VIERING, JENTSCHURA & PARTNER;
Postfach 22 14 43, 80504 München (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:
100 01 122.5 13. Januar 2000 (13.01.2000) DE

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-
Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).

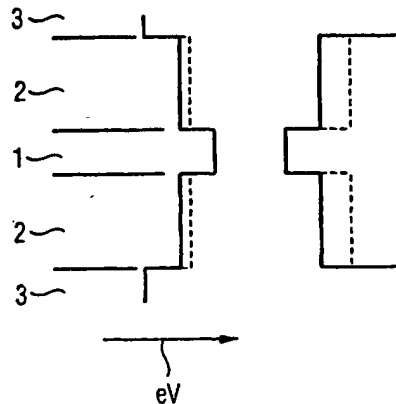
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RIECHERT, Henning

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER STRUCTURE

(54) Bezeichnung: HALBLEITERLASERSTRUKTUR



WO 01/52373 A2

(57) Abstract: The active layer (1) and the barrier layers (2) contain a group III component, a group V component and nitrogen, whereby the active layer is a quaternary material and the barrier layers are ternary materials, or, in order to match the lattice properties of the active layer to the barrier layers, the nitrogen content in the barrier layers is higher. The active layer is preferably InGaAsN, the barrier layers are InGaAsN with higher nitrogen content or GaAsN. Superlattices may exist in the barrier layers, for example, series of thin layers of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{N}_{1-y}$ with varying factors x and y , where, in particular, $x = 0$ and $y = 1$.

(57) Zusammenfassung: In der aktiven Schicht (1) und in den Barrierschichten (2) sind eine III-Komponente, eine V-Komponente und N enthalten, wobei die aktive Schicht quaternäres Material und die Barrierschichten ternäres Material sind oder zur Gitteranpassung der aktiven Schicht an die Barrierschichten der Stickstoffanteil in den Barrierschichten höher ist. Die aktive Schicht ist vorzugsweise InGaAsN, die Barrierschichten sind InGaAsN mit höherem Stickstoffanteil oder GaAsN. In den Barrierschichten können Übergitter (superlattices) vorhanden sein, z.B. Folgen dünner Schichten aus $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{N}_{1-y}$ mit unterschiedlichen Anteilen x und y , wobei insbesondere $x = 0$ und $y = 1$ sein kann.

Beschreibung

Halbleiterlaserstruktur

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Halbleiter-Schichtstruktur, die für die Herstellung von Laserdioden geeignet ist.

10 Für Wellenlängen der Strahlungsemission von ca. 1,3 μm wird üblicherweise das Material InGaAsP, vorzugsweise auf InP-Substraten, verwendet. InGaAs als aktive Schicht in Heterostrukturen auf GaAs ist für diesen Wellenlängenbereich nicht geeignet, da die Bandlücke (Energiebandabstand) in homogenen InGaAs-Schichten einen so hohen Anteil an Indium erfordern
15 würde, dass die Schicht wegen struktureller Relaxation für Laser unbrauchbar würde. Es wurde jedoch nachgewiesen, dass Heterostrukturen auf GaAs prinzipiell ebenso für längerwellige Emission eingesetzt werden können, wenn das emittierende Material ein Potentialtopf (quantum well) aus InGaAsN ist,
20 wobei als Barrierschichten über und unter der für Strahlungserzeugung vorgesehenen aktiven Schicht zumeist GaAs-Schichten verwendet werden (s. z.B. M. Kondow et al.: "GaInNAs: A Novel Material for Long-Wavelength Semiconductor Lasers" in IEEE J. Select. Topics Quantum Electron. 3, 719 -
25 730 (1997), M. Kondow et al.: "Gas-source MBE of GaInNAs for long-wavelength laser diodes" in J. Crystal Growth 188, 255 - 259 (1998) und K. Nakahara et al.: "1.3- μm Continuous-Wave Lasing Operation in GaInNAs Quantum-Well Lasers" in IEEE Photon. Technol. Lett. 10, 487 - 488 (1998)). In der Veröffentlichung von T. Miyamoto et al.: "A Novel GaInNAs-GaAs Quantum-Well Structure for Long-Wavelength Semiconductor Lasers" in IEEE Photonics Technology Letters 9, 1448-1450
30 (1997) ist eine Halbleiterlaserstruktur beschrieben, bei der eine als aktive Schicht vorgesehene QW-Schicht (quantum well) aus $\text{Ga}_{0,6}\text{In}_{0,4}\text{N}_{0,01}\text{As}_{0,99}$ zwischen Schichten aus $\text{Ga}_{0,97}\text{In}_{0,03}\text{N}_{0,01}\text{As}_{0,99}$ angeordnet ist. Aus EP-A-0.896.406 ist eine Halbleiterlaserstruktur mit einer aktiven Schicht

aus $\text{In}_x \text{As}_y \text{P}_{1-x-y}$ ($0 < x < 1$ und $0 \leq y < 1$) zwischen Schichten aus $\text{Ga}_{x'} \text{As}_{y'} \text{P}_{1-x'-y'}$ ($0 < x' < 1$ und $0 \leq y' < 1$) bekannt. Eine Halbleiterlaserstruktur mit einer aktiven Schicht aus $\text{In}_y \text{Ga}_{1-y} \text{As}_{1-w-v} \text{Sb}_w \text{N}_v$ ($v \leq 0,0095$ und $w+y \geq 0,33$) zwischen
5 Schichten aus $\text{GaAs}_{1-z} \text{P}_z$ ($0 \leq z \leq 1$) bzw. $\text{In}_y \text{Ga}_{1-y} \text{As}$ ($0,53 \leq y \leq 1$) ist aus US-A-5.719.894 und US-A-5.825.796 bekannt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine zur Herstellung von Laserdioden geeignete Halbleiter-Schichtstruktur
10 anzugeben, die eine effiziente Strahlungsemission bei Wellenlängen von $1,3 \mu\text{m}$ und darüber ermöglicht.

Diese Aufgabe wird mit der Halbleiterlaserstruktur mit den
15 Merkmalen des Anspruchs 1, 4 bzw. 7 gelöst. Ausgestaltungen ergeben sich aus den jeweiligen abhängigen Ansprüchen.

Die erfindungsgemäße Halbleiterlaserstruktur basiert auf der Erkenntnis, dass die Strahlungsemission in einem Wellenlängenbereich von $1,3 \mu\text{m}$ und darüber wesentlich verbessert werden kann, wenn die Eigenschaften der Barrierschichten, die die für Strahlungserzeugung vorgesehene aktive Schicht begrenzen, im Hinblick auf die in der Heterostruktur auftretenden Verspannungen und Versetzungen genauer eingestellt werden.
20 In der für Strahlungserzeugung vorgesehenen Schicht und in den Barrierschichten sind dazu Materialzusammensetzungen vorhanden, die eine III-Komponente, eine V-Komponente und N enthalten (III und V entsprechend den Gruppen des Periodensystems der Elemente). Mit dem Stickstoffanteil in der aktiven Schicht wird die Emissionswellenlänge eingestellt. In einer Ausführungsform ist die aktive Schicht quaternäres Material mit einem Anteil einer weiteren III-Komponente, und die Barrierschichten sind ternäres Material; in einer weiteren Ausführungsform sind die Schichten aus denselben chemischen
25 Elementen zusammengesetzt und unterscheiden sich nur in den prozentualen Anteilen dieser Elemente (z.B. jeweils quaternäres Material aus denselben Elementen mit unterschiedlichen

Atomanteilen), wobei aber der Stickstoffanteil in den Barriereschichten höher ist als in der aktiven Schicht. Im Fall eines bevorzugten Ausführungsbeispiels im Materialsystem von GaAs sind sowohl in der aktiven Schicht als auch in den Barriereschichten Ga, As und N vorhanden. Die aktive Schicht ist dann vorzugsweise InGaAsN, die Barriereschichten sind InGaAsN mit höherem Stickstoffanteil oder GaAsN.

Eine andere Ausführungsform umfasst Übergitter (superlattices) in den Barriereschichten, die durch eine Folge dünner Schichten gebildet sind, die jeweils eine III-Komponente, eine V-Komponente und N in unterschiedlichen prozentualen Anteilen enthalten. Im Materialsystem von GaAs sind die Schichten, die das Übergitter bilden, z.B. $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{N}_{1-y}$ mit unterschiedlichen Anteilen x und y , wobei insbesondere $x = 0$ und $y = 1$ sein kann. Die Zusammensetzungen der einzelnen Schichten sind aber so gewählt, dass sich insgesamt in dem Übergitter der gewünschte Anteil an Stickstoff bzw. Indium ergibt.

Erfindungsgemäß lässt sich einerseits eine ausreichende Gitteranpassung der aufgewachsenen Schichten erreichen und andererseits ein ausreichend großer Sprung in der Energiebandlücke, wodurch ein Confinement bewirkt wird. Das Barrierenmaterial muss nicht notwendigerweise die gesamte Schichtdicke des Bauelementes über und unter der aktiven Schicht einnehmen (bei einem VCSEL z.B. den Bereich zwischen den als Resonator-endspiegel fungierenden DBR-Gittern). In der praktischen Ausführung genügen Barriereschichten einer Dicke von typisch 50 nm; außerhalb kann beispielsweise als Mantelschicht GaAs sein. Es kann auch eine mehrstufige Verringerung der Energiebandlücke in den Barriereschichten vorteilhaft sein.

Ein Beispiel der erfindungsgemäßen Heterostruktur wird im Folgenden anhand der Figuren beschrieben.

Figur 1 zeigt einen Schichtaufbau im Querschnitt.

Figur 2 zeigt ein Energiediagramm für den Schichtaufbau der **Figur 1**.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist
5 die aktive Schicht 1 (siehe **Figur 1**) aus InGaAsN, und die angrenzenden Barrierschichten 2 sind aus Halbleitermaterial derselben Komponenten, aber mit geringerem Indiumgehalt und höherem Stickstoffgehalt. Der Anteil an Indium in den Barrierschichten kann auch vollständig reduziert sein, so dass die
10 Barrierschichten 2 GaAsN sind. In **Figur 1** ist als Beispiel die Struktur einer oberflächenemittierenden Laserdiode mit vertikalem Resonator (VCSEL) dargestellt. Die erforderliche Laserresonanz wird hier durch obere und untere DBR-Gitter 3 (distributed Bragg reflection) erzeugt. Die Anordnung befindet sich vorzugsweise auf einem Substrat 4. Weitere Einzelheiten der Laserdiode, die wie die Anschlusskontakte an sich bekannt sind, wurden zur Verdeutlichung der erfindungswesentlichen Teile weggelassen.

20 **Figur 2** zeigt ein Diagramm, in dem auf der linken Seite der Verlauf der oberen Kante des Valenzbandes und auf der rechten Seite der Verlauf der unteren Kante des Leitungsbandes für den in **Figur 1** dargestellten Schichtaufbau gezeichnet ist. Die für die aktive Schicht 1, die Barrierschichten 2 und die
25 angrenzenden Gitter 3 geltenden Bereiche sind mit den entsprechenden Ziffern bezeichnet. Das Diagramm ist nicht im Maßstab gezeichnet, zeigt aber qualitativ richtig die typischen Relationen der Energiebandabstände in den einzelnen Schichten. Es ist dabei angenommen, dass die aktive Schicht 1
30 InGaAsN ist, und dass die Barrierschichten 2 ebenfalls InGaAsN sind, aber mit einem im Vergleich zu dem Material der aktiven Schicht 1 verminderten Indiumgehalt. In **Figur 2** sind gestrichelt eingezeichnet die entsprechenden Kurvenverläufe für den Fall, dass die Barrierschichten 2 GaAs sind. Es ist
35 erkennbar, dass bei Verwendung von InGaAsN für die Barrierschichten 2 ein gegenüber der Verwendung von GaAs verminderter Energiebandabstand in den Barrierschichten resultiert.

Dieser reduzierte Energiebandabstand ergibt sich wie in der **Figur 2** erkennbar daraus, dass in den Barrierschichten 2 die obere Kante des Valenzbandes geringer abgesenkt ist als die untere Kante des Leitungsbandes.

5

Die aktive Schicht ist bei einer Anordnung der Halbleiterlaserstruktur auf GaAs wegen der gegenüber GaAs kleineren Gitterkonstanten von InGaAsN üblicherweise stark kompressiv verspannt; diese Verspannung könnte in der Schicht selbst nur
10 dadurch beseitigt werden, dass der Stickstoffanteil in dieser Schicht auf ca. 1/3 des Indiumanteils erhöht würde, was sich aber wegen der schlechten Ergebnisse der optischen Qualität des Bauelementes verbietet. Indem in den Barrierschichten erfindungsgemäß GaAsN verwendet oder ein höherer Stickstoff-
15 anteil als in der aktiven Schicht gewählt wird, werden die Barrierschichten entgegengesetzt zu der aktiven Schicht verspannt.

In dem beschriebenen Materialsystem können die als Reflektoren vorgesehenen DBR-Gitter entsprechend herkömmlichen
20 Schichtstrukturen im Materialsystem von AlGaAs/AlAs hergestellt sein. Ebenso ist es möglich, Mantelschichten, Deckschichten oder dergleichen aus AlGaAs vorzusehen. Wesentlich für die erfindungsgemäße Schichtstruktur ist, dass sowohl die
25 aktive Schicht 1 also auch die daran angrenzenden Barrierschichten 2 Stickstoff als Materialkomponente enthalten.

Eine weitere Ausgestaltung der Halbleiterlaserstruktur weist Übergitter (superlattices) in den Barrierschichten auf. Die
30 mittlere Gitterkonstante des Übergitters ist vorzugsweise kleiner oder gleich der des Substratmaterials, damit eine zusätzliche Verspannung der Schichtstruktur vermieden wird. Die mittlere Energiebandlücke des Übergitters liegt vorzugsweise zwischen derjenigen der aktiven Schicht, die mit den Bar-
35 ren den Potentialtopf bildet, und einer jeweils auf der davon abgewandten Seite an die Barrierschicht anschließenden Mantelschicht. Dabei ist darauf zu achten, dass für alle La-

- dungsträger, Elektronen und Löcher, eine energetische Barriere zur aktiven Schicht vorhanden ist. Geeignete Übergitter lassen sich, und zwar insbesondere auf GaAs als Substratmaterial, z.B. durch Folgen von Schichten aus $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{N}_{1-y}$ oder aus $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{P}_{1-y}$ mit unterschiedlichen prozentualen Atomanteilen x und y oder durch Folgen von Schichten aus InGaAsN und AlGaAsN, GaAsN oder GaAs bilden. Weitere Möglichkeiten sind Folgen aus InGaAs und GaAsN, GaAsP oder InGaP.
- 10 Als Vorteile der erfindungsgemäßen Schichtstruktur sind insbesondere die folgenden zu nennen. Die Verspannung des Materials der Barriereschichten 2 kann so eingestellt werden, dass sie die in der Regel stark kompressive Verspannung des Potentialtopfes, der durch die aktive Schicht zwischen den
- 15 Barriereschichten gebildet wird, zumindest teilweise kompensiert. Dadurch werden höhere Verspannungen des Potentialtopfes (und damit größere Schichtdicken oder höhere Indiumgehalte) möglich, ohne dass strukturelle Relaxation eintritt. Das ermöglicht längerwellige Strahlungsemission als mit herkömmlichen GaAs-Barrieren. Durch die kleinere Energiebandlücke des erfindungsgemäßen Barrierematerials (im Vergleich zu
- 20 GaAs-Barrieren) wird bei ansonsten gleich strukturiertem Potentialtopf der optische Übergang im Potentialtopf ins Längerwellige verschoben, womit ebenfalls eine längerwellige
- 25 Strahlungsemission erreicht wird. Durch den Einbau von Stickstoff in das Material der Barriereschichten wird das Verhältnis der Sprünge der Energiebandkanten an der Grenze zum Potentialtopf (Schichtgrenze zwischen aktiver Schicht 1 und Barriereschichten 2) mittels geeigneter Wahl des prozentualen
- 30 Anteils des Stickstoffes beeinflussbar. Während der Energiebandabstand in der aktiven Schicht 1 gleich bleibt, wird durch Absenken der oberen Kante des Valenzbandes im Material der Barriereschichten die Barrierewirkung (confinement) vergrößert. Das erhöht den energetischen Einschluss von Löchern
- 35 und damit die gesamte Rate an Elektron-Loch-Rekombinationen im Potentialtopf, was die Effizienz eines mit dieser Heterostruktur versehenen Lasers erhöht. Durch die Wahl der Zusam-

mensetzungen mit einem höheren Stickstoffgehalt der Barriere-
schichten bzw. der Verwendung von ternärem Material in den
Barriereschichten und quaternärem Material in der aktiven
Schicht kann eine Verspannung der aktiven Schicht zumindest
5 teilweise derart kompensiert werden, dass auch bei großen
Wellenlängen im Bereich von 1,3 μm an aufwärts eine effizien-
te Strahlungsausbeute erreicht wird.

Patentansprüche

1. Halbleiterlaserstruktur mit einer für Strahlungserzeugung vorgesehenen aktiven Schicht (1) zwischen Barrierschichten
5 (2),
bei der die aktive Schicht (1) und die Barrierschichten (2) jeweils ein Halbleitermaterial sind, das eine III-Komponente, eine V-Komponente und Stickstoff enthält,
bei der die Barrierschichten (2) ein Halbleitermaterial
10 sind, das einen größeren Energiebandabstand aufweist als das Halbleitermaterial der aktiven Schicht (1), und
bei der zur Gitteranpassung der aktiven Schicht (1) an die Barrierschichten (2) das Halbleitermaterial der Barrierschichten (2) einen höheren Anteil Stickstoff enthält als das
15 Halbleitermaterial der aktiven Schicht (1).
2. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 1,
bei der die aktive Schicht (1) $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{N}_{1-y}$ ist und
bei der die Barrierschichten (2) $\text{In}_{x'} \text{Ga}_{1-x'} \text{As}_{y'} \text{N}_{1-y'}$ mit
20 $y' < y$, $\text{In P}_{y'} \text{N}_{1-y'}$ mit $y' < y$, $\text{In As}_{y'} \text{P}_{y''} \text{N}_{1-y'-y''}$ mit $y'+y'' < y$, oder $\text{Ga As}_{y'} \text{N}_{1-y'}$ mit $y' < y$ sind.
3. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 1,
bei der die aktive Schicht (1) GaAsSbN ist und
25 bei der die Barrierschichten (2) GaAsSbN oder GaAsN sind.
4. Halbleiterlaserstruktur mit einer für Strahlungserzeugung vorgesehenen aktiven Schicht (1) zwischen Barrierschichten
(2),
30 bei der die aktive Schicht (1) und die Barrierschichten (2) jeweils ein Halbleitermaterial sind, das eine III-Komponente, eine V-Komponente und Stickstoff enthält,
bei der die Barrierschichten (2) ein Halbleitermaterial sind, das einen größeren Energiebandabstand aufweist als das
35 Halbleitermaterial der aktiven Schicht (1), und
bei der zur Gitteranpassung der aktiven Schicht (1) an die Barrierschichten (2) die aktive Schicht (1) quaternäres

Halbleitermaterial und die Barriereschichten (2) ternäres Halbleitermaterial sind.

5. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 4,
5 bei der die aktive Schicht (1) InGaAsN ist und
bei der die Barriereschichten (2) InPN oder GaAsN sind.

6. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 4,
bei der die aktive Schicht (1) GaAsSbN ist und
10 bei der die Barriereschichten (2) GaAsN sind.

7. Halbleiterlaserstruktur mit einer für Strahlungserzeugung vorgesehenen aktiven Schicht (1) zwischen Barriereschichten (2),
15 bei der die aktive Schicht (1) und die Barriereschichten (2) jeweils ein Halbleitermaterial sind, das eine III-Komponente und eine V-Komponente enthält,
bei der die Barriereschichten (2) ein Halbleitermaterial sind, das einen größeren Energiebandabstand aufweist als das
20 Halbleitermaterial der aktiven Schicht (1), und
bei der zur Gitteranpassung der aktiven Schicht (1) an die Barriereschichten (2) die Barriereschichten (2) Folgen aus Schichten unterschiedlicher Zusammensetzung sind, die ein Übergitter (superlattice) bilden.

25 8. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 7,
bei der die Barriereschichten (2) Folgen von Schichten aus $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{N}_{1-y}$ mit unterschiedlichen prozentualen Atomanteilen x und y sind.

30 9. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 7,
bei der die Barriereschichten (2) Folgen von Schichten aus InGaAsN und AlGaAsN,
aus InGaAsN und GaAsN,
35 aus InGaAs und GaAsN oder
aus InGaAsN und GaAs sind.

10

10. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 7,
bei der die Barriereschichten (2) Folgen von Schichten
aus $\text{In}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As}_y \text{P}_{1-y}$ mit unterschiedlichen prozentualen
Atomanteilen x und y sind.

5

11. Halbleiterlaserstruktur gemäß Anspruch 10,
bei der die Barriereschichten (2) Folgen von Schichten
aus InGaAs und GaAsP oder
aus InGaAs und InGaP sind.

10

FIG 1

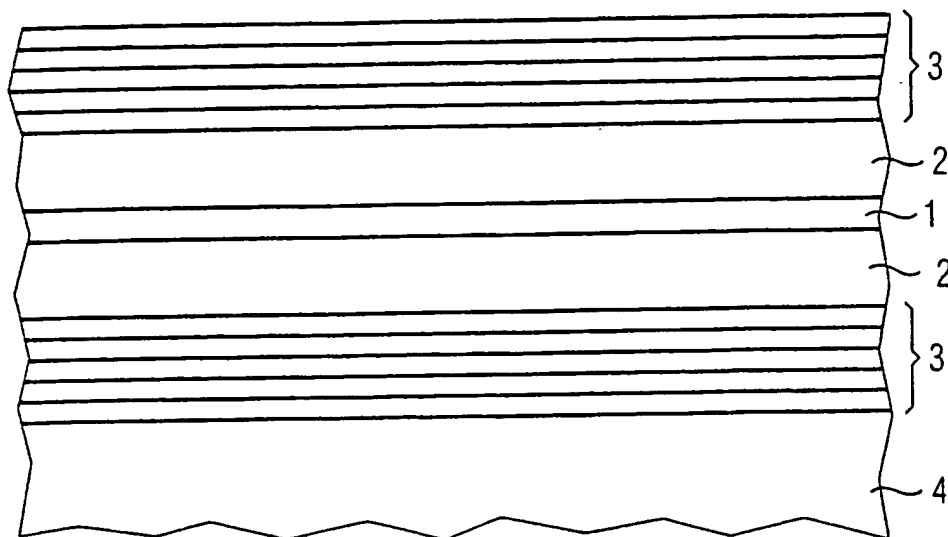
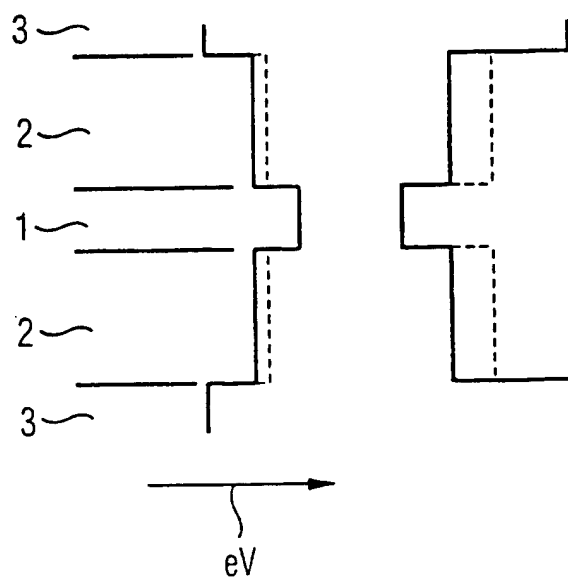


FIG 2



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Juli 2001 (19.07.2001)

PCT

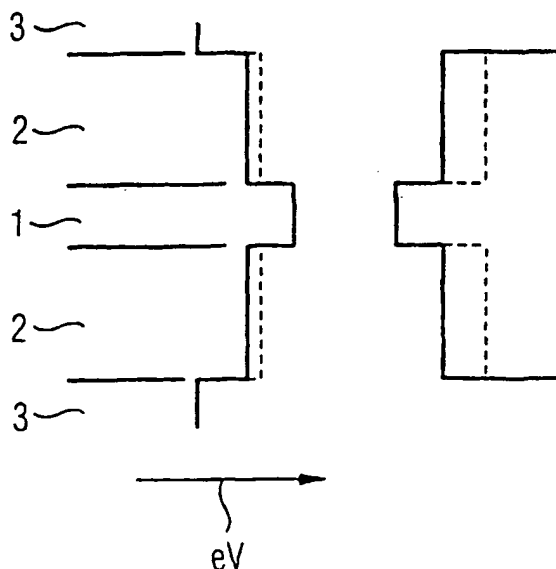
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/52373 A3

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01S 5/343** **EGOROV, Anton Yurevitch** [RU/RU]; Baskov 19. App. 17. St. Petersburg, 191014 (RU).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/04317** (74) **Anwalt: VIERING, JENTSCHURA & PARTNER:** Postfach 22 14 43, 80504 München (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: **4. Dezember 2000 (04.12.2000)** (81) **Bestimmungsstaaten (national):** JP, KR, US.
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch** (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität: **100 01 122.5** **13. Januar 2000 (13.01.2000)** **DE** **Veröffentlicht:** **mit internationalem Recherchenbericht**
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.-Martin-Strasse 53, 81669 München (DE). (88) **Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts:** **14. März 2002**
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): RIECHERT, Henning** [DE/DE]; Drosselstrasse 34 C, 85521 Ottobrunn (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title: SEMICONDUCTOR LASER STRUCTURE**

(54) **Bezeichnung: HALBLEITERLASERSTRUKTUR**



(57) **Abstract:** The active layer (1) and the barrier layers (2) contain a group III component, a group V component and nitrogen, whereby the active layer is a quaternary material and the barrier layers are ternary materials, or, in order to match the lattice properties of the active layer to the barrier layers, the nitrogen content in the barrier layers is higher. The active layer is preferably InGaAsN, the barrier layers are InGaAsN with higher nitrogen content or GaAsN. Superlattices may exist in the barrier layers, for example, series of thin layers of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{N}_{1-y}$ with varying factors x and y , where, in particular, $x = 0$ and $y = 1$.

(57) **Zusammenfassung:** In der aktiven Schicht (1) und in den Barrierschichten (2) sind eine III-Komponente, eine V-Komponente und N enthalten, wobei die aktive Schicht quaternäres Material und die Barrierschichten ternäres Material sind oder zur Gitteranpassung der aktiven Schicht an die Barrierschichten der Stickstoffanteil in den Barrierschichten höher ist. Die aktive Schicht ist vorzugsweise InGaAsN, die Barrierschichten sind InGaAsN mit höherem Stickstoffanteil oder

GaAsN. In den Barrierschichten können Übergitter (superlattices) vorhanden sein, z.B. Folgen dünner Schichten aus $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{N}_{1-y}$ mit unterschiedlichen Anteilen x und y , wobei insbesondere $x = 0$ und $y = 1$ sein kann.

WO 01/52373 A3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE 00/04317

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7: H01S 5/343

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7: H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal. PAJ. INSPEC. COMPENDEX. WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 621 646 A (SHARP KK) 26 October 1994 (26.10.94) Page 5, line 32-37; Figure 1 Page 3, line 54 Page 7, line 12-16	1, 4
A	EP 0 896 406 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 10 February 1999 (10.02.99) Cited in the application Column 19, line 6-40 Column 21, line 21-28	1, 2, 4

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 July 2001 (17.07.01)

Date of mailing of the international search report
19 September 2001 (19.09.01)

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office

Authorized officer

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE 00/04317

C. (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>MIYAMATO T ET AL: "A NOVEL GALNNAS-GAAS QUANTUM-WELL STRUCTURE FOR LONG-WAVELENGTH SEMICONDUCTOR LASERS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, US, IEEE INC. NEW YORK, Vol. 9, nr. 11, 01 November 1997 (01.11.97), pages 1448-1450, XP000722969 ISSN: 1041-1135 Cited in the application Page 1449, left-hand column, last paragraph; Figure 2</p>	1, 4
A	<p>US 5 825 796 A (JEWELL JACK L ET AL) 20 October 1998 (20.10.98) Cited in the application Column 5 Column 18 Column 26-27</p>	1, 4
A	<p>US 5 689 123 A (WELCH DAVID F ET AL) 18 November 1997 (18.11.97) The whole document</p>	1, 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE00/04317

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-6

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE00/04317

The international search authority has established that this international application contains multiple inventions, as follows:

1. Claims: 1-6

semiconductor laser structure, whereby the active layer and the barrier layers are each a semiconductor material which comprises a III component, a V component and nitrogen

1.1. Claims: 1-3

barrier layers comprising a larger proportion of nitrogen as active layer

1.2. Claims: 4-6

active layer quaternary material and barrier layer tertiary material

2. Claims: 7-11

semiconductor laser structure, whereby the active layer and barrier layers each comprise a semiconductor material and the barrier layers form a superlattice.

Please note that for all inventions cited under point 1 a full search was carried out without the expense of an additional search fee, although all the above inventions are not absolutely linked by a common inventive concept.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International Application No

PCI/DE 00/04317

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0621646 A	26-10-1994	GB 2277405 A DE 69419451 D DE 69419451 T JP 7007223 A US 5583351 A	26-10-1994 19-08-1999 09-12-1999 10-01-1995 10-12-1996
EP 0896406 A	10-02-1999	JP 11288886 A JP 11112096 A US 6256331 B	19-10-1999 23-04-1999 03-07-2001
US 5825796 A	20-10-1998	AU 4588597 A WO 9813879 A US 5960018 A	17-04-1998 02-04-1998 28-09-1999
US 5689123 A	18-11-1997	US 6130147 A US 6100546 A	10-10-2000 08-08-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC 1/DE 00/04317

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01S5/343

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 621 646 A (SHARP KK) 26. Oktober 1994 (1994-10-26) Seite 5, Zeile 32-37; Abbildung 1 Seite 3, Zeile 54 Seite 7, Zeile 12-16 ---	1,4
A	EP 0 896 406 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 10. Februar 1999 (1999-02-10) in der Anmeldung erwähnt Spalte 19, Zeile 6-40 Spalte 21, Zeile 21-28 --- -/-	1,2,4

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Juli 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19.09.01

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

CLAESSEN, L

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	MIYAMOTO T ET AL: "A NOVEL GALNNAS-GAAS QUANTUM-WELL STRUCTURE FOR LONG-WAVELENGTH SEMICONDUCTOR LASERS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS,US,IEEE INC. NEW YORK, Bd. 9, Nr. 11, 1. November 1997 (1997-11-01), Seiten 1448-1450, XP000722969 ISSN: 1041-1135 in der Anmeldung erwähnt Seite 1449, linke Spalte, letzter Absatz; Abbildung 2	1,4
A	--- US 5 825 796 A (JEWELL JACK L ET AL) 20. Oktober 1998 (1998-10-20) in der Anmeldung erwähnt Spalte 5 Spalte 18 Spalte 26-27	1,4
A	--- US 5 689 123 A (WELCH DAVID F ET AL) 18. November 1997 (1997-11-18) das ganze Dokument -----	1,4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

I nationales Aktenzeichen
PCT/DE 00/04317

Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:
1-6

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-6

halbleiterlaserstruktur bei der die aktive schicht und barriereschichten jeweils ein halbleitermaterial sind das eine III-komponente, eine V-komponente und Stickstoff enthält

1.1. Ansprüche: 1-3

barriereschichten erhalten einen höheren Anteil Stickstoff als aktiven Schicht

1.2. Ansprüche: 4-6

aktive Schicht quaternäres material und Barriereschichten ternäres material

2. Ansprüche: 7-11

halbleiterlaserstruktur bei der die aktive schicht und barriereschichten jeweils ein halbleitermaterial sind das eine Barriereschichten bilden ein Übergitter.

Bitte zu beachten daß für alle unter Punkt 1 aufgeführten Erfindungen, obwohl diese nicht unbedingt durch ein gemeinsames erfinderisches Konzept verbunden sind, ohne Mehraufwand der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, eine vollständige Recherche durchgeführt werden konnte.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung .. die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/04317

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0621646 A	26-10-1994	GB 2277405 A	26-10-1994
		DE 69419451 D	19-08-1999
		DE 69419451 T	09-12-1999
		JP 7007223 A	10-01-1995
		US 5583351 A	10-12-1996
EP 0896406 A	10-02-1999	JP 11288886 A	19-10-1999
		JP 11112096 A	23-04-1999
		US 6256331 B	03-07-2001
US 5825796 A	20-10-1998	AU 4588597 A	17-04-1998
		WO 9813879 A	02-04-1998
		US 5960018 A	28-09-1999
US 5689123 A	18-11-1997	US 6130147 A	10-10-2000
		US 6100546 A	08-08-2000

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)

THIS PAGE BLANK (USPTO)